

Influences of cooling and freezing on the biochemical, physical and sensoric criteria of the meat quality of broiler

MILAN RISTIĆ, JACEK KIJOWSKI and LOTHAR SCHÖN
Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Federal Republic of Germany

90 samples have been taken of the breast muscles of broiler, breed LOHMANN, age 39 days, and slaughtered after being transported approximately 150 km (duration of transport ca. 2 hours), and a waiting time prior to slaughter of ca. 1 hour. Examined were the influences of cooling (group 1 = immediately after slaughter without cooling, time of measurement ca. 15 min p.m.; group 2 = with water cooling, ca. 3 hours p.m.) as well as freezing (at -40°C of ca. 2 1/2 hours) and thawing (45 hours at $+4^{\circ}\text{C}$) on the biochemical, physical and sensoric criteria of the meat quality (ATP, R-value, length of sarcomeres, water-binding, drip loss as %, pH-value, colour - GÖFO, rigor value, grill loss as %, Instron - N, mm, energy -, sensory - juiciness, tenderness, flavour, total impression -, colour - Y, X, Z, YI).

The amount of ATP was the highest in group 1 ($6,65 \mu\text{mol/g}$) in opposition to it was the ATP decomposition in group 3 almost finished ($0,81 \mu\text{mol/g}$). A decrease of the ATP occurred during the freezing period. An exhaustion of the natural meat phosphates were found after thawing, the ATP values were in all groups around 0,65. These changes have been verified also by the R-value. Referring the length of sarcomeres there was a tendency that at increasing time p.m. a shortage of them took place. The length of sarcomeres ($2,53 \mu\text{m}$) was significantly greater after thawing. The lowest final pH-values were found in the air-cooled carcasses, the not cooled carcasses showed significantly higher pH-values. The weight losses increased with longer time of cooling, at thawing as well as grilling. The highest drip losses took place at air cooling. The values of the shear force measure (Instron), as a measure for tenderness were the highest after air cooling. Sensory assessment of the tenderness showed in tendency the same expression than the objective tenderness measurements. The three-hour air cooling at prerigor condition revealed certain disadvantages compared with shortly (15 min p.m.) not cooled and water-cooled carcasses regarding the meat quality at produce of deep frozen goods.

Einflüsse der Kühlung und des Einfrierens auf die biochemischen, physikalischen und sensorischen Fleischbeschaffenheitskriterien bei Broilern

MILAN RISTIĆ, JACEK KIJOWSKI und LOTHAR SCHÖN
Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

An 90 Proben des Brustmuskels von Broilern Rasse Lohmann, die im Alter von 39 Tagen nach einer Anlieferung über ca. 150 km (Transportdauer 2 Std.) und einer Standzeit von ca. 1 Std. zum Schlachten kamen, wurden die Einflüsse der Kühlung (Gruppe 1 = nach dem Schlachten ohne Kühlung, Meßzeit ca. 15 min p.m.; Gruppe 2 = mit Wasserkühlung, ca. 1 Std. p.m. und Gruppe 3 = mit Luftkühlung, ca. 3 Std. p.m.) sowie des Einfrierens (bei -40°C ca. 2 1/2 Std.) und des Auftauens (45 Std. bei $+4^{\circ}\text{C}$) auf die biochemische, physikalische und sensorische Fleischbeschaffenheit untersucht (ATP, R-Wert, Sarcomerenlänge, locker gebundenes Wasser, Drip in %, pH-Wert, Farbhelligkeit, Rigor-Wert, Grillverlust in %, Instron - N, mm, Energie -, Sensorik - Saftigkeit, Zartheit, Aroma, Gesamteindruck -, Farbe - Y, X, Z, YI).

Die ATP-Menge lag am höchsten bei der Gruppe 1 ($6,65 \mu\text{mol/g}$), dagegen war der ATP-Abbau bei der Gruppe 3 fast beendet ($0,81 \mu\text{mol/g}$). Im Laufe des Einfrierens trat eine Abnahme des ATP ein. Nach dem Auftauen zeigte sich eine Erschöpfung von natürlichen Fleischphosphaten, die ATP-Werte lagen bei allen Gruppen bei 0,65. Diese Veränderungen wurden durch den R-Wert bestätigt. Bei der Sarcomerenlänge bestand eine Tendenz zur Verkürzung mit zunehmender Zeit p.m. Nach dem Auftauen war die Sarcomerenlänge ($2,53 \mu\text{m}$) signifikant größer. Die luftgekühlten Schlachttierkörper wiesen die niedrigsten End-pH-Werte, die nicht gekühlten signifikant höhere Werte auf. Während des Auftauens als auch beim Grillen nach längerer Kühlung nahmen die Gewichtsverluste zu. Der höchste Drip-Verlust trat bei Luftkühlung auf. Die Werte der Scherkraftmessung (Instron) als Maß für die Zartheit waren nach Luftkühlung am höchsten. Sensorisch ermittelte Zartheit hatte in der Tendenz gleiche Aussage wie die objektiven Zartheitsmessungen. 3-stündige Luftkühlung im Prärigor-Zustand brachte gegenüber den kurzfristig (15 min p.m.) nicht gekühlten und den wassergekühlten Schlachttierkörpern (1 Std.p.m.) gewisse Nachteile bezüglich der Fleischbeschaffenheit bei der Herstellung von tiefgefrorener Ware.

4.5

L'influence de la réfrigération et de la congélation sur la qualité de la viande du poulet nouveau par les caractéristiques biochimiques physiques et sensorielles

Milan Ristic, Jacek Kijowski, Lothar Schön

L' Institut Fédéral de Recherche sur la viande, Kulmbach RFA

Aux 90 échantillons provenant du muscle de poitrine du poulet nouveau, du type "Lohmann", âgés de 39 jours, qui ont été transportés de plus de 150 km /la durée de la transportation 2 heures/ et qui ont été abattus après une heure de repos, c'est à ces échantillons qu' on a examiné l'influence de la réfrigération / 1^{er} groupe: l'abattage sans réfrigération, la durée de la mesure à.p.p. 15 min "post mortem", 2^{ème} groupe: réfrigération par l'eau à.p.p. 1. heure, post mortem" et 3^{ème} groupe: réfrigération par l'air à.p.p. 3 heures "post mortem". / ainsi qu'on a constaté l'influence de la congélation /à - 40°C à.p.p. 2 1/2 heures/ et la décongélation /45 heures à +4°C/ sur la qualité de la viande du poulet nouveau par les caractéristiques biochimiques, physiques et sensorielles /ATP, valeur-R, longueur des sarcomère, rétention de l'eau, dégouttement en %, valeur de pH, degré de la clarté, valeur de rigor, perte de grillage en %, Instron - N, mm, énergie, l'impression sensorielle, caractère juteux, tendreté, aroma, l'impression d'ensemble, couleur, Y, X, Z, Y.I/ La quantité de l'ATP était la plus élevée au groupe premier /6,65 u mol/g/ au contraire la décomposition de l'ATP était en train d'être terminée /0,81 u mol/g/ au groupe III^{ème}. Au cours de la congélation il s'est produit la décomposition de l'ATP. Après la décongélation survenait une exténuation dans la quantité de phosphate naturel de la viande et les valeurs de l'ATP étaient dans chaque groupe 0,65. Ces transformations ont été prouvées même par la valeur-R. Quant à la longueur des sarcomères on a observé une diminution par l'augmentation de la durée "post mortem". Après la décongélation ont été les longueurs des sarcomères /2,53 um/ significativement plus grandes. Les corps abattus réfrigérés par l'air donnaient les valeurs de pH finales les plus basses qui étaient parmi les corps non pas réfrigérés des valeurs significativement plus élevées. Après une longue réfrigération les pertes de poids s'augmentaient pendant la décongélation ainsi que pendant le grillage. La plus grande perte de dégouttage intervenait au cas de la réfrigération par l'air. Après la réfrigération par l'air les valeurs de la mesure d'effort tranchant /Instron/, comme la mesure de la tendreté étaient les plus élevées. La tendreté, observée par l'examen sensorielle montrait en tendance le même résultat que les mesures objectives. La réfrigération par l'air pendant 3 heures dans l'état prerigor a présenté certains désavantages contre les corps abattus, non pas réfrigérés /15 min. après la mort/ et réfrigérés par l'eau /1 heure après la mort/ quant à la qualité de la viande dans le cas de la production des produits congelés.

Влияние охлаждения и замораживания на качество мяса, биохимические, физические и органолептические свойства цыплят бройлер.

МИЛАН РИШТИЧ, ЯЧЕК КИЙОВСКИ и ЛОТТАР ШЁН.

Федеративный исследовательский институт мясной промышленности, г.Кульмбах,ФРГ.

39-дневных цыплят бройлер типа Лохманн транспортировали на расстояние 150 км /время транспортировки 2 часа/, затем после одного часа отдыха они попадали на убой. У 90 образцов грудной мышцы цыплят после убоя исследовали влияние охлаждения (I.группа= убой без охлаждения, время измерения через 15 минут после смерти; 2.группа= с водяным охлаждением, приблизительно через час после смерти; 3.группа = с воздушным охлаждением, приблизительно через 3 часа после смерти), замораживания (-40°C при бл.2,5 часа) и размораживания (+4°C) на качество мяса, биохимические, физические и органолептические свойства /ATP, значение R, длина саркомера, слабо связанная вода, значение pH, степень светлости, значение Ригор, потери при охлаждении в %, Инстрон - Н, мм, энергия, органолептический эффект, сочность, рыхлость, аромат, внешний вид, цвет, Y, X, Z, Y.I. Самая высокая величина ATP была в I.группе (6,65 моль/г), в третьей же группе расщепление ATP почти полностью закончилось (0,81 моль/г). В ходе замораживания произошло расщепление ATP. После размораживания естественный запас фосфатов мяса истощился, значения ATP в каждой группе были 0,65. Эти изменения доказываются и значениями R. С ростом времени после смерти у длины саркомеров наблюдалась тенденция укорочения. После размораживания длина саркомеров (2,53 м) была значимо больше. Убойные животные с воздушным охлаждением давали наиболее низкое значение pH, которое в случае неохлаждаемых было значимо выше. Во время размораживания после длительного охлаждения, а также при жарке потери веса возрастали. Наиболее высокая потеря при отекании наблюдалась в случае воздушного охлаждения. Результаты по рыхлости, измеренные с помощью Инстрона, были наиболее высокие при воздушном охлаждении. Органолептически определенная рыхлость соответствовала объективным измерениям. 3-часовое воздушное охлаждение в состоянии преригор имело недостатки по сравнению с I. группой и 2. группой в отношении качества мяса при получении замороженной продукции.

Einflüsse der Kühlung und des Einfrierens auf biochemische, physikalische und sensorische Kriterien der Fleischbeschaffenheit bei Broilern

MILAN RISTIĆ, JACEK KIJOWSKI¹⁾ und LOTHAR SCHÖN

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

¹⁾ Institut of Animal Products Technology, Agricultural Academy of Poznan, Poland

Einleitung

Heutige moderne Geflügelschlachtereien erreichen eine Schlachtkapazität bis zu 100.000 Stück pro Tag. Zur Erhaltung der Fleischqualität ist es notwendig, die frisch geschlachteten Schlachttierkörper, deren Kerntemperatur bei ca. +30°C liegt, möglichst bald zu kühlen. Die Kühlung erfolgt mittels Wasser, Luft oder Gasen. Abhängig von dem Angebotszustand der Schlachttierkörper, in dem sie in den Verkehr gebracht werden, werden sie unterschiedlich gekühlt. Broilerfleisch lag im Jahre 1977 mit einem Verbrauch von 316.000 t an erster Stelle, das sind 5,2 kg vom gesamten Geflügelfleischverbrauch pro Kopf der Bevölkerung (9,2 kg). Davon entfielen 24,4 % auf den Angebotszustand frisch (geköhlt). In dieser Arbeit wurden Einflüsse unterschiedlicher Kühlmedien und -dauer bei Broilern auf biochemische, physikalische und sensorische Kriterien der Fleischbeschaffenheit untersucht.

Material, Behandlung und Methoden

20 Proben Brustmuskulatur von Broilern, Rasse Lohmann, im Alter von 39 Tagen, unter kontrollierten Bedingungen geschlachtet, über ca. 150 km (Transportdauer 2 Std.) transportiert, Standzeit ca. 1 Std., standen für die Untersuchung zur Verfügung. Die Tagestemperatur am Schlachttag bewegte sich zwischen +8° und +10°C. Der Schlachtprozeß dauerte ca. 15 Min.

Die Schlachttierkörper der Gruppe 1 wurden gleich nach dem Schlachten untersucht, Meßzeit ca. 15 Min. p.m.; bei Gruppe 2 erfolgten die Untersuchungen nach der Wasserkühlung, Meßzeit ca. 1 Std. p.m.; in Gruppe 3 nach der Luftkühlung, Meßzeit ca. 3 Std. p.m. Für die Wasserkühlung stand eine Tauchkühlanlage zur Verfügung, die in der ersten Phase eine Wassertemperatur von +18° bis +10°C für die Dauer von 10 bis 12 Min. hatte, in der zweiten für ca. 20 Min. eine Wassertemperatur von +5° bis +8°C; die erreichte Kerntemperatur betrug +10°C. Für die Luftkühlung passierten die Schlachttierkörper in Kartons mit Deckel eine Schockfrostanlage 3 Std. bei -40°C; die Kerntemperatur lag danach bei +2°C. Anschließend folgte das Einfrieren bei -40°C über einen Zeitraum von 2 1/2 Std. Danach wurden sie 18 Tage bei -30°C gelagert. Nach jeder Probenentnahme wurde die Brustmuskulatur in flüssigem Stickstoff eingefroren und bis zur Untersuchung bei -30°C gelagert. Die Schlachttierkörper wurden aufgetaut in einem Kühlschrank bei +4°C 45 Std. und anschließend untersucht. Es wurden folgende Merkmale zu unterschiedlichen Meßzeiten erfaßt:

Merkmal	Meßzeit p.m.	Wiederhol. je Probe	Verfahren bzw. Meßgerät
ATP	15 min, 1 h 3 h, 2,45 h, 3,5 h, 5,5 h, 18 Tg.	2 x	nach JAWOREK, et al. (1970)
R-Wert	wie oben	2 x	nach HONIKEL, et al. (1977)
Sarcomerenlänge	15 min, 1h, 3 h, 18 Tg.	25 x	Phasenkontrastmessung
locker gebund. Wasser	18 Tg.	2 x	nach HOFMANN (1975)
Kerntemperatur	18 Tg.	1 x	Dig.Temp.Meßgerät, Fa. Sümann
Drip in %	18 Tg.	1 x	Gewichtsdifferenz
pH-Wert	18 Tg.	2 x	Dig.pH-Meter 650, Fa. Knick
Farbhelligkeit	18 Tg.	3 x	Göfo-Gerät, Fa. Schütt
Rigor/Konsistenz	18 Tg.	3 x	Rigormeter (SYBESSMA, 1966)
Fleischfarbe	18 Tg.	2 x	Hunterlab-Gerät (D 25 D 3 M)
Grillverlust in %	18 Tg.	1 x	Gewichtsdifferenz
objektive Zartheit	18 Tg.	2 x	Instron (1140)
Sensorik	18 Tg.	6 x	semantisch numerische Intervallskala von 6 bis 1

Die gewonnenen Daten wurden anhand der einfaktoriellen Varianzanalyse mit 3 Stufen und unterschiedlichen Meßzeiten mit dem F-Wert und t-Test überprüft.

V Versuchsergebnisse und Diskussion

Die Adenosintri-phosphat(ATP)-Menge lag am höchsten bei der Gruppe 1 mit 6,65 $\mu\text{Mol/g}$, dagegen war der ATP-Abbau bei der Gruppe 3 fast beendet (0,81 $\mu\text{Mol/g}$, Tab. 1). Die Gruppe 2 zeigte etwas niedrigere Werte als die erste (5,72); Unterschiede zwischen den Gruppen waren hoch signifikant ($p > 0,001$). Nach dem Einfrieren trat eine Abnahme des ATP ein ($\bar{x} = 2,17$, $s = 1,41$). Nach dem Auftauen zeigte sich eine Erschöpfung von natürlichen Fleischphosphaten, die ATP-Werte lagen im Durchschnitt bei $\bar{x} = 0,65$ ($s = 0,03$). Die festgestellte ATP-Menge deckt sich mit den Ergebnissen anderer Autoren, sie liegt gleich nach der Schlachtung zwischen 9,2 bis 5,7 $\mu\text{Mol/g}$, 1 Std. nach der Tauchkühlung bei 4,3 $\mu\text{Mol/g}$ (DE FREMERY, et al., 1960; WOOD, et al., 1974; GREY, et al., 1977; HAMM, 1977). Eine Reifungsphase ist auch bei Geflügelfleisch notwendig, allerdings kann sie bei der Kühlung, dem Einfrieren oder Auftauen stattfinden. Sie verläuft schneller als bei anderen Tierarten; im Durchschnitt dauert der Rigor bei Broilern 2 - 3 Std. (JUNGK, et al. 1970; WOOD, et al., 1974; BANG LEE YU, et al., 1978; HEINZ, 1976; HAMM, 1972; WHITING, et al., 1975). Die Gruppe 3 ergab hinsichtlich des R-Wertes die höchsten Werte, die mit der gleichen Gruppe der ATP-Menge identisch ist. Im Laufe der weiteren Behandlung waren bezüglich des R-Wertes Unterschiede sowohl zwischen den Gruppen als auch innerhalb der Gruppen vorhanden. Nach dem Einfrieren lagen die Gruppenmittelwerte bei $\bar{x} = 1,17$ ($s = 0,12$) und nach dem Auftauen bei $\bar{x} = 1,32$ ($s = 0,03$). Die Sarcomerenlänge war größer bei kürzerer Kühlung p.m. Zwischen den Gruppen bestand ein Unterschied ($\bar{x} = 2,08$, $s = 0,07$ zu $\bar{x} = 2,53$, $s = 0,04$). Nach RUDDICK, et al. (1975) wurde die Sarcomerenlänge im prä-, in- und postrigor gemessen (1,86, 1,54 u. 2,29 μm). Diese Werte stimmen in der Tendenz mit den eigenen überein. Das locker gebundene Wasser in μl führte zu keiner Aussage; die Meßwerte lagen im gleichen Bereich wie bei EHINGER (1978).

Der Durchschnittswert der Kerntemperatur lag nach dem Auftauen bei $+1,63^{\circ}\text{C}$ (Tab. 2). Der Drip-Verlust war etwas höher bei der Gruppe 3. Die Gruppe 1 ergab nach dem Auftauen signifikant höhere End-pH-Werte als die Gruppe 3. Wasserkühlung führte zu einem dunkleren Farbton als Luftkühlung; die Unterschiede waren jedoch nicht signifikant (Tab. 2). Der Rigor-Wert lag bei allen Gruppen auf gleichem Niveau. Die Fleischfarbe, gemessen mit dem Hunterlab-Gerät, gibt Helligkeit (Y), roten (X) und gelben Farbton (Z) sowie den Gelbgrad-Index (YI = Yellowness-Index) an (Tab. 3). Eine eindeutige Tendenz bezüglich der Veränderung der einzelnen Komponenten der Fleischfarbe konnte nicht festgestellt werden.

Die Ergebnisse der objektiven Zartheitsmessungen decken sich mit der sensorischen Analyse (Tabb. 4, 5). Luftkühlung ergab höhere Meßwerte und zeigten somit eine höhere Zähigkeit an. Die günstigsten Meßwerte der Scherkraftmessung wurden bei der Last und Energie der Gruppe 1 festgestellt (Tab. 4). Bei den sensorischen Daten war nur die Zartheit signifikant (Tab. 5). Abhängigkeiten mit unterschiedlichen Vorzeichen konnten zwischen den untersuchten Kriterien nachgewiesen werden:

		r	B %
Drip in %	: Zartheit	- 0,72	51,40 (n = 30)
Last	: Zartheit	- 0,70	48,88
Energie	: Zartheit	- 0,79	61,66
Last	: Energie	+ 0,83	69,45
Zartheit	: Gesamteindruck	+ 0,72	51,58
Y	: X	+ 0,998	99,52
ATP	: R-Wert	- 0,977	95,41 (n = 90)

Literatur:

- Ehinger, F.: Ausschlachtungsergebnisse und Fleischqualität verschiedener Broilerherkünfte. DGS 30, 1096- 1098 (1978). - Honikel, K.O. und Christine Fischer: A rapid method for the detection of PSE and DFD porcine muscles. J. of Food Sci. 42, 1633 (1977). - Hofmann, K.: Ein neues Gerät zur Bestimmung der Wasserbindung des Fleisches: Das "Kapillar-Volumeter". Fleischwirtschaft 55, 25 (1975). - Bergmeyer, H.: Methoden der enzymatischen Analyse. Band II, Verlag Chemie, Weinheim, 2020 (1970). - de Fremery, D. u. M.F. Pool: Biochemistry of chicken muscle as related to rigor mortis and tenderization. Food Research 25, 73 (1960). - Wood, D.F. u. J.F. Richards: Cold shortening in chicken broiler pectoris major. J. of Food Sci., 39, 530 (1974). - Grey, T.C. und J.M. Jones: The influence of factory processing on the development of rigor in the breast muscle of broilers. British Poultry Sci. 18, 671 (1977). - Ruddick, J.E. und J.F. Richards: Comparison of sarcomere length measurement of cooked chicken pectoralis muscle by laser diffraction and oil immersion microscopy. J. of Food Sci. 40, 500 (1975). - Jungk, W. u. W. Marlon: Post mortem isometric tension changes and shortening in turkey muscles strips held at

various temperature. J. of Food Sci., 35, 143 (1970). - Wood, D.F. und J.F. Richards: Isometric tension studies on chicken pectoralis major muscle. J. of Food Sci. 39, 525 (1974). - Yu Bang Lee, u. D.A. Rickarsrud: Effect of temperature on shortening in chicken muscle. J. of Food Sci. 43, 1613 (1978). - Heinz, G.: Warmzerlegung von Fleisch. Fleischwirtschaft 56, 1713 (1976). - Hamm, R.: Kolloidchemie des Fleisches. Parey-Verlag (1977). - Hamm, R.: Kolloidchemische und biochemische Aspekte bei der Verarbeitung von Fleisch. Dt. Lebensm.-Rundschau 73, 35 (1977). - Whiting, R.C. u. J.F. Richard: Thaw rigor induced isometric tension and shortening in broiler-type chicken muscles. J. of Food Sci. 40, 960 (1975). - Sybesma, W.: Die Messung des Unterschiedes im Auftreten des Rigor mortis in Schinken. Die Fleischwirtschaft 46, 637 (1966).

Tabelle 1: Mittelwerte der biochemischen und physikalischen Merkmale in der Brustmuskulatur von Broilern
Mean values of the biochemical and physical characteristics in the breast muscle of broiler

Behandlung	n	ATP $\mu\text{mol/g}$		R-Wert		Sarcomerenlänge μm		Locker gebundenes Wasser μl	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Gr. 1, 15 min p.m.	10	6,65 ^a	0,82	0,87 ^d	0,04	2,14 ^a	0,29		
Gr. 2, 1 Std p.m.	10	5,72 ^b	1,02	0,90 ^d	0,04	2,10 ^a	0,28		
Gr. 3, 3 Std p.m.	10	0,81 ^c	0,20	1,28 ^b	0,03	2,01 ^a	0,15		
Gr. 1, n.d. Einfrieren	10	2,09 ^d	0,87	1,14 ^c	0,07				
Gr. 2	10	3,62 ^e	2,08	1,07 ^{cd}	0,14				
Gr. 3	10	0,80 ^{cf}	0,12	1,31 ^c	0,02				
Gr. 1, n.d. Auftauen	10	0,63 ^g	0,04	1,35 ^f	0,05	2,49 ^b	0,27	12,5	5,86
Gr. 2	10	0,64 ^{gh}	0,04	1,31 ^g	0,01	2,56 ^b	0,27	20,0	10,69
Gr. 3	10	0,69 ^{ci}	0,08	1,30 ^{bh}	-	2,53 ^b	0,12	22,3	11,28
Total	90	2,40	2,40	1,17	0,18	2,30	0,32	18,3	10,18
F-Wert		73,76 ⁺⁺⁺		97,00 ⁺⁺⁺		10,52 ⁺⁺⁺		2,86	

Tabelle 2: Mittelwerte der physikalischen Merkmale
Mean values of physical characteristics

nach dem Auftauen	n	Kerntemperatur	Drip in %	pH-Wert	Farbhelligkeit	Rigor-Wert
Gruppe 1	10	1,51	0,93 ^a	5,99 ^a	66,9	12,8
Gruppe 2	10	1,75	1,10 ^a	5,85 ^{ab}	68,6	12,3
Gruppe 3	10	1,62	2,06 ^b	5,80 ^b	65,5	12,3
Total	30	1,63	1,36	5,88	67,0	12,5
F-Wert		0,73	12,22 ⁺⁺⁺	5,88 ⁺⁺	1,25	2,79

Tabelle 3: Mittelwerte der Fleischfarbe
Mean values of the color of meat

n.d.Auftauen	n	Y	X	Z	VI
Gruppe 1	10	19,01	20,35	14,68	5,50
Gruppe 2	10	19,81	21,08	15,66	5,23
Gruppe 3	10	19,82	21,04	15,57	5,24
Total	30	19,55	20,82	15,30	5,32
F-Wert		0,56	0,49	1,00	1,90

Tabelle 4: Mittelwerte der objektiven Zartheitsmessungen sowie des Grillverlustes
 Mean values of the objective tenderness measurements as well as grill losses

nach dem Auftauen	n	Grillverlust in %	Instron		
			Last/N	Weg/mm	Energie
Gruppe 1	10	19,42	8,02 ^a	14,25 ^a	53,10 ^a
Gruppe 2	10	20,15	8,65 ^a	15,40 ^{bc}	62,10 ^b
Gruppe 3	10	21,29	13,48 ^b	16,10 ^c	92,90 ^c
Total	30	20,29	10,05	15,25	69,37
F-Wert		0,90	19,27 ⁺⁺⁺	11,84 ⁺⁺⁺	24,36 ⁺⁺⁺

Tabelle 5: Mittelwerte der sensorischen Daten
 Mean values of the sensory data

nach dem Auftauen	n	Saftigkeit	Zartheit	Aroma	Gesamteindruck
Gruppe 1	10	3,6	4,8 ^a	4,3	4,2
Gruppe 2	10	3,6	4,7 ^a	4,2	4,1
Gruppe 3	10	3,7	4,3 ^b	4,1	4,0
Total	30	3,6	4,6	4,2	4,1
F-Wert		0,13	12,65 ⁺⁺⁺	1,15	1,08